

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
28. Oktober 2004 (28.10.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 2004/092789 A1(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: G02B 5/18,  
B29B 11/00, G02B 1/12

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2004/000817

(22) Internationales Anmeldedatum:  
13. April 2004 (13.04.2004)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

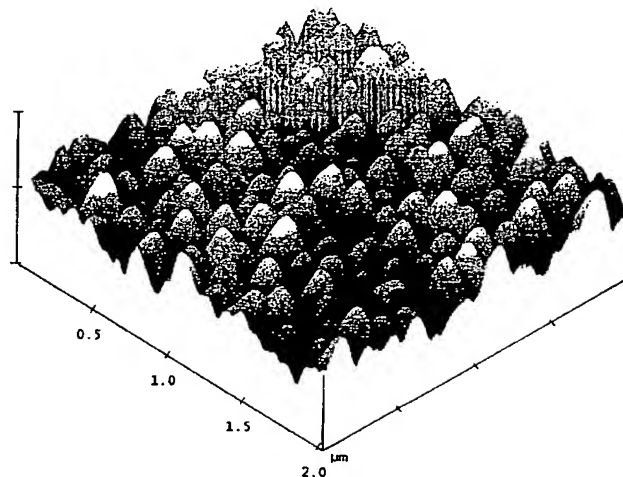
(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
103 18 566.6 15. April 2003 (15.04.2003) DE(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Aus-  
nahme von US): FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT  
ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN  
FORSCHUNG E.V. [DE/DE]; Hansastrasse 27c, 80686  
München (DE). FRESNEL OPTICS GMBH [DE/DE];  
Flurstedter Marktweg 13, 99510 Apolda (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): SCHULZ, Ul-  
rike [DE/DE]; Vor dem Obertore 14, 07751 Kunitz  
(DE). MUNZERT, Peter [DE/DE]; Sonnenbergstrasse  
2, 07743 Jena (DE). KAISER, Norbert [DE/DE];  
Am Katzenstein 1, 07745 Jena (DE). HOFMANN,  
Werner [DE/DE]; Drackendorfer Strasse 18, 07747 Jena  
(DE). BITZER, Martin [DE/DE]; Kölner Strasse 26,  
99510 Apolda (DE). GEBHARDT, Marion [DE/DE];  
Thomas-Müntzer-Strasse 3, 99510 Apolda (DE).(74) Anwalt: PFENNING, MEINIG & PARTNER GBR;  
Gostritzer Strasse 61-63, 01217 Dresden (DE).(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für  
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,  
AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,  
CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI,  
GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD AND MOULD FOR PRODUCING TRANSPARENT OPTICAL ELEMENTS CONSISTING OF POLY-  
MER MATERIALS(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND WERKZEUG ZUR HERSTELLUNG TRANSPARENTER OPTISCHER ELEMENTE  
AUS POLYMEREN WERKSTOFFEN

(57) Abstract: The invention relates to a method and a mould for producing transparent optical elements consisting of polymer materials. The optical elements that are to be thus produced should at least have surface regions that exhibit a reduced boundary surface reflection. According to the invention, the entire surface or an appropriately selected surface section of a reference element consisting of a polymer material and corresponding to the respective optical element is exposed to the action of energy-rich ions in a vacuum. This forms an irregular nanostructure with alternating elevations and recesses on the corresponding surfaces. A thin, electrically conductive layer is subsequently applied and a galvanic moulding is carried out to obtain a mould with a negative contour that is covered by the nanostructure. Said mould is then used to produce the optical elements in a moulding process achieved by a nanostructure that reduces the boundary surface reflection.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Veröffentlicht:**

- mit internationalem Recherchenbericht
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

(84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT,

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft ein Verfahren sowie ein Werkzeug zur Herstellung transparenter optischer Elemente aus polymeren Werkstoffen. Dabei sollen die so herstellbaren optischen Elemente zumindest Oberflächenbereiche aufweisen, die eine reduzierte Grenzflächenreflexion aufweisen. Erfindungsgemäss wird dabei so vorgegangen, dass bei einem dem jeweiligen optischen Element entsprechenden Bezugselement, das aus einem polymeren Werkstoff besteht, die gesamte oder eine entsprechend ausgewählte Oberfläche in einem Vakuum dem Einfluss energiereicher Ionen ausgesetzt wird. So wird auf den entsprechenden Oberflächen eine unregelmässige Nanostruktur mit alternierend angeordneten Erhebungen und dazwischen liegenden Vertiefungen ausgebildet. Anschliessend wird eine dünne elektrisch leitende Schicht aufgebracht und eine galvanische Abformung durchgeführt, um ein Werkzeug mit einer Negativkontur, die von der Nanostruktur überlagert ist, zu erhalten. Mit einem solchen Werkzeug können dann die optischen Elemente in einem Formgebungsverfahren der die Grenzflächenreflexion reduzierenden Nanostruktur hergestellt werden.

Verfahren und Werkzeug zur Herstellung transparenter  
optischer Elemente aus polymeren Werkstoffen

5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren sowie Werkzeuge  
zur Herstellung transparenter optischer Elemente aus  
polymeren Werkstoffen. Die so hergestellten optischen  
Elemente sollen auf mindestens einer Oberfläche zu-  
mindest bereichsweise eine reduzierte Grenzflächenre-  
flexion erreichen.

10 Solche optischen Elemente aus polymeren Werkstoffen  
werden immer häufiger für die verschiedensten Anwen-  
dungen eingesetzt. Dabei sind reflexionsbedingte Ver-  
luste unerwünscht und der Anteil an an den Oberflä-  
15 chen solcher optischen Elemente reflektierter elekt-  
romagnetischer Strahlung, die nachfolgend nicht ge-  
nutzt werden kann, soll so klein als möglich gehalten  
werden. So werden Bestrebungen unternommen, diesen  
Anteil  $\leq 4\%$ , bevorzugt  $\leq 1\%$  pro Fläche zu halten.

Um diesem Problem entgegen zu wirken wurden unterschiedliche Lösungsansätze in der Vergangenheit verfolgt.

5 So ist es bekannt, auf den Oberflächen von optischen Elementen Schichtsysteme, die aus mehreren übereinander angeordneten dünnen Schichten gebildet worden sind, in der Regel als Wechselschichtsysteme auszubilden. Die Aufbringung solcher Schichtsysteme ist  
10 kostenintensiv, führt auch zu einer Reduzierung der Transmission und Haftungsprobleme solcher Schichtsysteme auf den Oberflächen von optischen Elementen können nicht ausgeschlossen werden.

15 Da solche Schichtsysteme üblicherweise im Vakuum durch an sich bekannte PVD- oder CVD-Verfahrenstechniken ausgebildet werden können ist die Herstellung solcher optischen Elemente in großen Losgrößen mit entsprechend hohen Kosten verbunden.

20 Ein anderer Weg der zur Reduzierung des reflektierten Anteils an elektromagnetischer Strahlung gewählt worden ist, besteht in der Ausbildung von Mikrostrukturen, den so genannten Mottenaugenstrukturen auf den entsprechenden zu entspiegelnden Oberflächen. Entsprechende Lösungen sind beispielsweise von A. Gombert und W. Glaubitt in Thin solid films 351 (1999),  
25 Seiten 73 bis 78 und von D. L. Brundrett, E. N. Glysis, T. K. Gaylord in Applied optics 16 (1994), Seiten 2695 bis 2706 beschrieben.

30 Mit diesen bekannten Lösungen kann eine Reduzierung des Anteils an reflektierter elektromagnetischer Strahlung jeweils in entsprechend begrenzten Einfallswinkelbereichen und in einem entsprechend begrenzten Spektralbereich, also für bestimmte Ein-  
35

fallswinkel bzw. für ausgewählte Wellenlängen der jeweiligen elektromagnetischen Strahlung erreicht werden.

5 Für die Ausbildung der an sich bekannten Mikrostrukturen ist insbesondere für die Herstellung von Formwerkzeugen ein erheblicher Aufwand erforderlich, da in solchen Werkzeugen filigrane Negativkonturen ausgebildet werden müssen. Dies kann zum einen durch eine thermische Bearbeitung mit Hilfe von fokussierten  
10 Energiestrahlen oder eine photolithographische Ausbildung erfolgen.

15 In jedem Fall ist ein hoher Aufwand erforderlich. Außerdem sind die so herstellbaren Mikrostrukturen auf entsprechende Mindestdimensionen, die verfahrensbedingt nicht unterschritten werden können, eingeschränkt.

20 Es ist daher Aufgabe der Erfindung eine Lösung vorzuschlagen, mit der die Oberfläche von transparenten optischen Elementen aus polymeren Werkstoffen so manipuliert werden kann, dass eine reduzierte Grenzflächenreflexion erreicht wird, wobei gleichzeitig die  
25 Herstellungskosten reduziert und die Erfindung beider Herstellung der unterschiedlichsten optischen Elementen eingesetzt werden kann.

30 Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe mit einem Verfahren, das die Merkmale des Anspruchs 1 aufweist, gelöst, wobei ein Werkzeug zur Herstellung von optischen Elementen nach Anspruch 14 eingesetzt werden kann.

35 Vorteilhafte Ausgestaltungsformen und Weiterbildungen der Erfindung können mit den in den untergeordneten

Ansprüchen bezeichneten Merkmalen erreicht werden.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zur Herstellung transparenter optischer Elemente aus, deren Oberfläche zumindest bereichsweise eine reduzierte Grenzflächenreflexion aufweist, wird so vorgegangen, dass in einem ersten Schritt ein Bezugselement, das auch als "Master" bezeichnet werden kann und aus einem polymeren Werkstoff besteht, innerhalb einer Vakuumkammer dem Einfluss energiereicher Ionen an der jeweiligen Oberfläche ausgesetzt wird. Die energiereichen Ionen werden z.B. mit Hilfe eines Plasmas generiert und die jeweilige Oberfläche des Bezugselementes unterliegt einem Ionenbeschuss.

Als Bezugselement kann bevorzugt ein konventionell hergestelltes optisches Element eingesetzt werden, das dann, wie vorab erklärt, behandelt wird.

Durch den Einfluss der energiereichen Ionen wird auf der jeweiligen Oberfläche des Bezugselementes eine unregelmäßige Nanostruktur ausgebildet. Diese Nanostruktur zeichnet sich dadurch aus, dass eine Vielzahl von Erhebungen mit dazwischen liegenden Vertiefungen jeweils alternierend zueinander ausgebildet worden sind. Die Erhebungen und demzufolge auch die entsprechenden Vertiefungen sind über die Fläche in unterschiedlichen Dimensionen ausgebildet, so dass mit Hilfe der entsprechenden Nanostruktur eine Brechzahlgradientenschicht erreichbar ist.

In einem zweiten Schritt wird die jeweilige Oberfläche des Bezugselementes mit einer elektrisch leitenden Dünnschicht überzogen.

Die Dicke dieser Dünnschicht muss lediglich elek-

trisch leitende Eigenschaften erreichen, so dass in einem nachfolgend durchzuführenden dritten Verfahrensschritt eine galvanische Abformung eines Werkzeuges erfolgen kann.

5

Ein solches Werkzeug weist dann eine vollständige Negativkontur der entsprechend manipulierten Oberfläche des Bezugselementes auf, in der auch die bereits beschriebene Nanostruktur mit den Erhebungen entsprechenden Vertiefungen und Vertiefungen entsprechenden Erhebungen überlagert/integriert ist.

10

Die galvanische Abformung für die Herstellung von Werkzeugen kann auf herkömmlichem Wege durchgeführt werden und solche Werkzeuge beispielsweise durch Abscheidung von Nickel erhalten werden.

15

Mit Hilfe der so hergestellten Werkzeuge können dann die jeweiligen optischen Elemente mit an sich bekannten Formgebungsverfahren in großer Stückzahl hergestellt werden. Vorteilhaft ist es möglich, von lediglich einem Bezugselement mit ausgebildeter Nanostruktur eine Vielzahl von Werkzeugen durch galvanische Abformung herzustellen, wodurch eine weitere Herstellungskostenreduzierung erreichbar ist.

20

25

Neben einfach gestalteten Bezugselementen mit ebenen planaren oder auch kontinuierlich gewölbten Oberflächen können erfindungsgemäß auch Bezugselemente für die Herstellung von optischen Elementen mit diskontinuierlichen Oberflächenkonturen eingesetzt werden. Solche Bezugselemente können optisch wirksame Oberflächenkonturen, beispielsweise Fresnelkonturen aufweisen und es besteht mit der erfindungsgemäßen Lösung die Möglichkeit, zumindest die Grenzflächenreflexion an Wirkflanken zu reduzieren.

30

35

Mit Hilfe eines Werkzeuges, wie es nach dem dritten Verfahrensschritt vorliegt, können die optischen Elemente dann entsprechend hergestellt werden. So besteht die Möglichkeit entsprechende optische Elemente durch Heißprägen von plattenförmigen Elementen oder Folien aus Kunststoff bzw. aus einem Kunststoffgranulat herzustellen.

Es ist aber ebenfalls möglich optische Elemente durch Kunststoffspritzguss in solchen Werkzeugen herzustellen.

Die optischen Elemente können aber auch durch ein Extrusionsprägeverfahren hergestellt werden.

Für den Fall, dass optische Elemente aus mindestens zwei Werkstoffen mit jeweils unterschiedlichem Brechungsindex und/oder mittels einer kratzfesten Oberflächenbeschichtung ausgebildet werden sollen, bietet sich vorteilhaft das Verfahren der UV-Replikation an.

Die optischen Elemente können aus den unterschiedlichsten Kunststoffen hergestellt werden. Neben den gewünschten optischen Eigenschaften und hier insbesondere dem Brechungsindex, sind lediglich die Eigenschaften, die beim jeweiligen Formgebungsverfahren wesentlich sind, zu berücksichtigen.

Darüber hinaus besteht die Möglichkeit die optisch wirksame Nanostruktur auf einer Oberflächenbeschichtung eines optischen Elementes auszubilden. Eine solche besonders vorteilhafte "kratzfeste" Beschichtung kann beispielsweise im Sol-Gel-Verfahren, als organisches-anorganisches Hybrid-Polymer, wie es z.B. unter



Handelsbezeichnung "Ormocere" verfügbar ist, aufgebracht und nach bzw. bei Ausbildung der die Reflexion vermindernenden Nanostruktur ausgehärtet wird. Die anorganische Komponente im Hybrid-Polymer ist hierbei  
5 bevorzugt eine Glaskomponente (z.B. Siliziumdioxid oder ein Silan).

In dieser Form können die die Grenzflächenreflexion reduzierenden Nanostruktur neben optischen Elementen  
10 aus Kunststoff auch auf Oberflächen von optischen Elementen, die aus Werkstoffen gebildet sind, die mit Formgebungsverfahren nicht oder nur schwer bearbeitet werden können, ausgebildet werden. So kann die Erfindung beispielsweise auch für die Herstellung opti-  
15 scher Elemente, die aus einem Glas bestehen, eingesetzt werden.

Die die erfindungswesentliche Nanostruktur bildenden Erhebungen mit den dazwischen liegenden Vertiefungen  
20 können auf der Oberfläche des jeweiligen Bezugselementes so ausgebildet werden, dass die Höhen der verschiedenen auf der Oberfläche ausgebildeten Erhebungen in einem Bereich zwischen 30 nm und 210 nm liegen. Dabei können die einzelnen Erhebungen jeweils  
25 mittlere Dicken zwischen 30 nm und 150 nm aufweisen, wobei unter mittlerer Dicke die jeweilige Dicke einer Erhebung in der jeweils mittleren Höhe der Erhebung verstanden werden soll.

Bevorzugt ist es, die Erhebungen mit ihren jeweiligen Höhen und/oder Dicken so herzustellen, dass innerhalb  
30 des jeweiligen Intervalls eine gleichmäßige Verteilung, um einen Mittelwert, z.B. 120 nm für die Höhe und 80 nm für die Dicke erreicht worden ist.

35 Diesen Angaben entspricht die Dimensionierung des Ne-

gativabdrucks der Nanostruktur auf dem Werkzeug zur Herstellung der optischen Elemente.

Überraschenderweise hat sich herausgestellt, dass eine solche auf einer Oberfläche von Bezugselementen ausgebildete Nanostruktur durch den zweiten und dritten Verfahrensschritt, gemäß Patentanspruch 1, auf die Oberfläche eines Werkzeuges übertragen werden kann, wobei, wenn überhaupt, nur geringfügige Abweichungen von der Positivkontur auf der Oberfläche des eingesetzten Bezugselementes zu verzeichnen sind.

Nachfolgend soll der Verfahrensschritt 1, nämlich die Ausbildung der die Oberflächenreflexion im Wesentlichen reduzierenden Nanostruktur auf Bezugselementen detaillierter beschrieben werden.

So wird ein solches Bezugselement aus einem polymeren Kunststoffwerkstoff, bevorzugt Polymethylmethacrylat (PMMA), Diethylenglycolbisallylcarbonat (CR39) oder methacrylat-haltigen Polymeren in eine Vakuumkammer eingesetzt und dort dem Einfluss eines Plasmas ausgesetzt. Mit diesem Plasma werden energiereiche Ionen generiert und die gewünschte Oberfläche des Bezugselementes mit den Ionen beschossen. Bevorzugt wird ein DC-Argonplasma, dem besonders bevorzugt Sauerstoff zugegeben wird, eingesetzt.

Dabei sollte innerhalb der Vakuumkammer bei einem Druck, unterhalb  $10^{-3}$  mbar, bevorzugt bei ca.  $3 \times 10^{-4}$  mbar gearbeitet werden.

Das Plasma sollte mit mindestens 30 sccm Sauerstoff betrieben werden.

Die generierten Ionen sollten Energien im Bereich

zwischen 100 eV und 160 eV aufweisen, wobei die jeweilige Ionenenergie unter Berücksichtigung des Bezugselementwerkstoffes eingestellt werden sollte. Der jeweilige Bezugselementwerkstoff sollte auch bei der jeweiligen Dauer des Ionenbeschusses der Oberfläche berücksichtigt werden.

So können Bezugselemente aus Polymethylmethacrylat (PMMA) mit Ionen, deren Energie im Bereich zwischen 100 eV und 160 eV, bevorzugt zwischen 120 eV und 140 eV gehalten ist, über einen Zeitraum zwischen 200 s und 400 s, bevorzugt zwischen 250 s und 350 s mit Ionen beschossen werden.

Bei Bezugselementen aus Diethylenglycolbisälylcarbonat sollten die Ionen Mindestenergien von 120 eV, bevorzugt 150 eV aufweisen und der Ionenbeschuss über einen Zeitraum von mindestens 500 s erfolgen.

Bei mit dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellten optischen Elementen konnte der Anteil der an der Oberfläche reflektierten elektromagnetischen Strahlung im Wellenlängenbereich zwischen 400 nm und 1100 nm auf maximal 2% reduziert werden. In einem Wellenlängenbereich zwischen 420 nm und 870 nm, also einem wesentlichen Teil des sichtbaren Lichtes, konnte eine Reduzierung des reflektierten Anteils an elektromagnetischer Strahlung auf weniger als 1,5% erreicht werden.

Mit der Erfindung können die unterschiedlichsten optischen Elemente, die für elektromagnetische Strahlung und hier insbesondere im Spektralbereich des sichtbaren Lichtes, des infraroten Lichtes und teilweise auch im Spektralbereich des UV-Lichtes für verschiedenste Anwendungen hergestellt werden. So können

ohne weiteres auch die unterschiedlichsten projizierenden optischen Elemente und hierbei insbesondere Fresnellinsen mit verbesserten optischen Eigenschaften bei lediglich geringfügig erhöhten Kosten hergestellt werden.

Es ist aber auch die Herstellung anderer optischer Elemente, wie beispielsweise optischer Fenster und Prismen möglich.

Die Erfindung kann außerdem für die Herstellung von optischen Linsen (auch Linsenarrays), Strahlteilern, Lichtwellenleitern, Diffusoren, Lentikularen sowie für optisch transparente Folien vorteilhaft eingesetzt werden.

Ein weiterer wichtiger Anwendungsfall sind transparente Überdeckungen von optischen Displays oder optischen Anzeigeelementen. So können beispielsweise die Anzeigedisplays von unterschiedlichsten elektrischen oder elektronischen Geräten, wie beispielsweise Telefone erfindungsgemäß hergestellt werden.

Dabei können insbesondere Doppelreflexionen verhindert werden.

Für bestimmte optische Anzeigeelemente kann die Erfindung ebenfalls als Überdeckung eingesetzt werden, wobei dann Lichtquellen mit reduzierter Leistung eingesetzt werden können.

Nachfolgend soll die Erfindung beispielhaft näher erläutert werden.

Dabei zeigt:

Figur 1 eine AFM-Aufnahme (Rasterkraftmikroskop) einer Nanostruktur, die auf einem Bezugselement aus Polymethylmethacrylat ausgebildet worden ist.

5

10

Dabei wurde ein Bezugselement aus Polymethylmethacrylat in eine Vakuumkammer eingesetzt und in der Kammer der Druck auf 7 bis  $8 \times 10^{-6}$  mbar reduziert. Mit Hilfe einer Plasmaionenquelle APS 904 (Leybold Optics) wurde ein Argon-Plasma unter Zugabe von 30 sccm Sauerstoff erzeugt, wobei ein Druck von ca.  $3 \times 10^{-4}$  mbar eingehalten worden ist.

15

Die Plasmaionenquelle wurde mit einer BIAS Spannung von mindestens 120 V betrieben.

20

So konnten Ionen, deren Energie mindestens 120 eV betrug, generiert und diese auf die PMMA-Oberfläche des Bezugselementes geschossen werden.

25

Wie mit Figur 1 verdeutlicht, konnte eine unregelmäßige Nanostruktur durch den Ionenbeschuss ausgebildet werden, wobei die einzelnen Erhebungen jeweils unterschiedliche Höhen im Bereich zwischen 50 bis 120 nm sowie mittlere Dicken im Bereich zwischen 50 und 120 nm aufwiesen, ausgebildet werden. In Figur 1 ist außerdem erkennbar, dass die Erhebungen ein Aspektverhältnis von ca. 1 : 1 einhalten.

30

35

Auf die nunmehr nanostrukturierte Oberfläche des Bezugselementes wurde eine dünne Goldschicht mit einer maximalen Schichtdicke von 5 nm, bevorzugt unterhalb 1 nm mit einem an sich bekannten Dünnschichtverfahren ausgebildet.

Das so vorbereitete Bezugselement wurde dann für eine galvanische Abformung genutzt. Dabei konnte ein Werkzeug aus Nickel hergestellt werden, dass eine nahezu identische Negativkontur, also auch mit überlagerter Nanostruktur aufwies, hergestellt werden. Dieses Werkzeug wurde dann für die Herstellung optischer Elemente in Heißprägetechnik eingesetzt, wobei ein verschleißbedingter Austausch erst nach mindestens 5000 Abformungen erforderlich war.

## Patentansprüche

- 5           1.    Verfahren zur Herstellung transparenter optischer Elemente, deren Oberfläche zumindest bereichsweise eine reduzierte Grenzflächenreflexion aufweist,

10           bei dem

15           die jeweilige Oberfläche eines dem jeweiligen optischen Element entsprechenden Bezugselementes, das aus einem polymeren Werkstoff besteht, in einem Vakuum dem Einfluss energiereicher Ionen ausgesetzt und

20           so auf der jeweiligen Oberfläche eine unregelmäßige Nanostruktur mit alternierend angeordneten Erhebungen und dazwischen liegenden Vertiefungen ausgebildet wird;

25           nachfolgend die jeweilige Oberfläche mit einer elektrisch leitenden Dünnschicht überzogen,

30           sich daran anschließend durch galvanische Abformung ein Werkzeug mit einer Negativkontur, die von der Nanostruktur überlagert ist, erhalten und

35           mit einem solchen Werkzeug auf mindestens einer Oberfläche eines transparenten optischen Elementes mit einem Formgebungsverfahren eine die Grenzflächenreflexion reduzierenden Nanostruktur ausgebildet wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass ein Bezugselement mit einer optisch wirksamen Oberflächenkontur eingesetzt wird.
- 5 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,  
dadurch gekennzeichnet, dass die energiereichen Ionen mittels eines Argon/Sauerstoff-Plasmas generiert werden.
- 10 4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass für die Herstellung des Bezugselementes, Polymethylmethacrylat, Diethylenglycolbisallylcarbonat (CR39) oder methylmethacrylat-haltige Polymere eingesetzt werden.
- 15 5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mittels der energiereichen Ionen die Erhebungen der Nanostruktur mit Höhen im Bereich zwischen 30 nm und 210 nm ausgebildet werden.
- 20 6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die mittleren Dicken der Erhöhungen der Nanostruktur im Bereich zwischen 30 nm und 150 nm ausgebildet werden.
- 25 7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die elektrisch leitende Schicht als dünne Metallschicht ausgebildet wird.



8. Verfahren nach Anspruch 9,  
dadurch gekennzeichnet, dass die elektrisch leitende Schicht aus Gold ausgebildet wird.
- 5 9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die auf die jeweilige Oberfläche auftreffenden Ionen eine Energie im Bereich zwischen 100 eV und 160 eV aufweisen.
- 10 10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein Ionenbeschuss der jeweiligen Oberfläche über einen Zeitraum zwischen 200 s und 600 s durchgeführt wird.
- 15 11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein Ionenbeschuss bei einem Druck unterhalb  $10^{-3}$  mbar durchgeführt wird.
- 20 12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Formgebung der optischen Elemente durch Heißprägen oder durch Kunststoffspritzgusstechnik erfolgt.
- 25 13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Formgebung der optischen Elemente durch Extrusionsprägen oder UV-Replikation erfolgt.
- 30 14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Oberfläche eines optischen Elementes mit einem organisch-anorganischem Hybrid-Polymer beschichtet und die Nanostruktur mit einem Werkzeug auf der Oberfläche dieser Hybrid-Polymer-Schicht ausgebildet wird.

15. Werkzeug zur Herstellung optischer Elemente hergestellt mit einem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 14,  
dadurch gekennzeichnet,  
5 dass auf einer Oberfläche eine unregelmäßige Nanostruktur mit alternierend angeordneten Erhebungen und dazwischen liegenden Vertiefungen ausgebildet ist, und
- 10 die Vertiefungen jeweils unterschiedliche Tiefen innerhalb eines Intervalls zwischen 30 nm und 210 nm aufweisen.
16. Werkzeug nach Anspruch 15,  
dadurch gekennzeichnet, dass die Vertiefungen  
15 eine mittlere lichte Weite im Bereich zwischen 30 nm und 150 nm aufweisen.
17. Werkzeug nach Anspruch 15 oder 16, dadurch gekennzeichnet, dass die jeweiligen Tiefen und/oder Dicken von Vertiefungen innerhalb eines  
20 Intervalls gleichmäßig um einen Mittelwert verteilt sind.
18. Werkzeug nach einem der Ansprüche 15 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass es zur Herstellung von Fresnellinsen ausgebildet ist.
- 25 19. Werkzeug nach einem der Ansprüche 15 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass es zur Herstellung optischer Fenster, optischer Linsen, Lentikularen, Strahlteilern, Lichtwellenleitern oder optischen Prismen ausgebildet ist.
- 30 20. Werkzeug nach einem der Ansprüche 15 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass es zur Herstellung optisch transparenter Folien ausgebildet ist.

21. Werkzeug nach einem der Ansprüche 15 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass zur Herstellung von Überdeckungen für Displays oder für optische Anzeigeelemente ausgebildet ist.

71

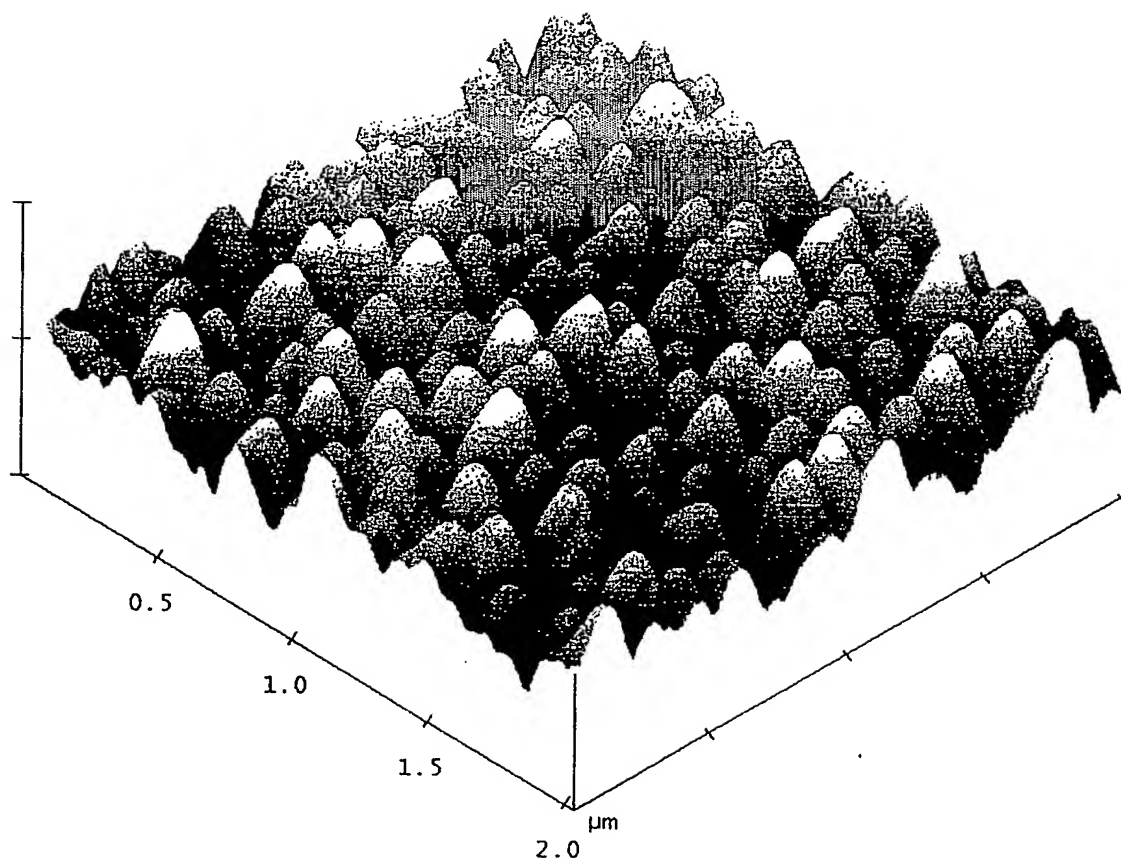


Fig. 1

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE2004/000817

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 G02B5/18 B29B11/00 G02B1/12

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 G02B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category * | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages  | Relevant to claim No. |
|------------|---|-----------------------|
| X          | WO 01/29148 A (SCHADT MARTIN ; ROLIC AG (CH); IBN ELHAJ MOHAMMED (CH); SCHMITT KLAUS) 26 April 2001 (2001-04-26)<br>abstract<br>page 6, line 19 - page 7, line 18<br>page 12, line 7 - line 12<br>examples 1-3<br>figures 1a-1c | 15-21                 |
| A          |   | 1-14                  |
| A          | US 5 772 905 A (CHOU STEPHEN Y) 30 June 1998 (1998-06-30)<br>abstract<br>column 3, line 37 - line 51<br>column 4, line 39 - column 5, line 14<br>figures<br>-----<br>-/-  | 1-21                  |

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents:

\*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

\*E\* earlier document but published on or after the international filing date

\*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

\*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

\*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

\*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

\*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

\*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

\*Z\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

20 August 2004

Date of mailing of the international search report

10/09/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Seibert, J

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/DE2004/000817

| C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT |  |                       |
|--|--|-----------------------|
| Category °   | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages   | Relevant to claim No. |
| A  | <p>WALHEIM S ET AL: "NANOPHASE-SEPARATED POLYMER FILMS AS HIGH-PERFORMANCE ANTIREFLECTION COATINGS" SCIENCE, AMERICAN ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF SCIENCE,, US, vol. 283, no. 5401, 22 January 1999 (1999-01-22), pages 520-522, XP000891228 ISSN: 0036-8075</p> <p>-----</p>               |                       |
| A  | <p>GHAEMI H F ET AL: "Surface plasmons enhance optical transmission through subwavelength holes" PHYSICAL REVIEW, B. CONDENSED MATTER, AMERICAN INSTITUTE OF PHYSICS. NEW YORK, US, vol. 58, no. 11, 15 September 1998 (1998-09-15), pages 6779-6782, XP002133008 ISSN: 0163-1829</p> <p>-----</p> |                       |

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/DE2004/000817

| Patent document<br>cited in search report |   | Publication<br>date |    | Patent family<br>member(s) |  | Publication<br>date |
|---|---|---------------------|----|----------------------------|--|---------------------|
| WO 0129148                                | A | 26-04-2001          | AU | 7638600 A                  |  | 30-04-2001          |
|   |   |                     | WO | 0129148 A1                 |  | 26-04-2001          |
|   |   |                     | CN | 1377399 T                  |  | 30-10-2002          |
|   |   |                     | EP | 1230319 A1                 |  | 14-08-2002          |
|   |   |                     | JP | 2003512641 T               |  | 02-04-2003          |
| <hr/>                                     |   |                     |    |                            |  |                     |
| US 5772905                                | A | 30-06-1998          | US | 6309580 B1                 |  | 30-10-2001          |
|   |   |                     | US | 2003170995 A1              |  | 11-09-2003          |
|   |   |                     | US | 6518189 B1                 |  | 11-02-2003          |
|   |   |                     | US | 2004137734 A1              |  | 15-07-2004          |
| <hr/>                                     |   |                     |    |                            |  |                     |

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE2004/000817

## A. KLASSTIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 G02B5/18 B29B11/00 G02B1/12

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 G02B

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

| Kategorie* | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile  | Betr. Anspruch Nr. |
|------------|---|--------------------|
| X          | WO 01/29148 A (SCHADT MARTIN ; ROLIC AG (CH); IBN ELHAJ MOHAMMED (CH); SCHMITT KLAUS) 26. April 2001 (2001-04-26)<br>Zusammenfassung<br>Seite 6, Zeile 19 - Seite 7, Zeile 18<br>Seite 12, Zeile 7 - Zeile 12<br>Beispiele 1-3<br>Abbildungen 1a-1c | 15-21              |
| A          | -----   | 1-14               |
| A          | US 5 772 905 A (CHOU STEPHEN Y) 30. Juni 1998 (1998-06-30)<br>Zusammenfassung<br>Spalte 3, Zeile 37 - Zeile 51<br>Spalte 4, Zeile 39 - Spalte 5, Zeile 14<br>Abbildungen<br>-----<br>-/-  | 1-21               |

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

\*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*Z\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

20. August 2004

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

10/09/2004

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Seibert, J



## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

| Kategorie* | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile  | Betr. Anspruch Nr. |
|------------|---|--------------------|
| A          | <p>WALHEIM S ET AL: "NANOPHASE-SEPARATED POLYMER FILMS AS HIGH-PERFORMANCE ANTIREFLECTION COATINGS"<br/>SCIENCE, AMERICAN ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF SCIENCE,, US,<br/>Bd. 283, Nr. 5401,<br/>22. Januar 1999 (1999-01-22), Seiten<br/>520-522, XP000891228<br/>ISSN: 0036-8075</p> <p>-----</p>                        |                    |
| A          | <p>GHAEMI H F ET AL: "Surface plasmons enhance optical transmission through subwavelength holes"<br/>PHYSICAL REVIEW, B. CONDENSED MATTER,<br/>AMERICAN INSTITUTE OF PHYSICS. NEW YORK,<br/>US,<br/>Bd. 58, Nr. 11,<br/>15. September 1998 (1998-09-15), Seiten<br/>6779-6782, XP002133008<br/>ISSN: 0163-1829</p> <p>-----</p> |                    |

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE2004/000817

| Im Recherchenbericht<br>angeführtes Patentdokument |   | Datum der<br>Veröffentlichung | Mitglied(er) der<br>Patentfamilie |               | Datum der<br>Veröffentlichung |
|--|---|-------------------------------|-----------------------------------|---------------|-------------------------------|
| WO 0129148   | A | 26-04-2001                    | AU                                | 7638600 A     | 30-04-2001                    |
|  |   |                               | WO                                | 0129148 A1    | 26-04-2001                    |
|  |   |                               | CN                                | 1377399 T     | 30-10-2002                    |
|  |   |                               | EP                                | 1230319 A1    | 14-08-2002                    |
|  |   |                               | JP                                | 2003512641 T  | 02-04-2003                    |
| <hr/>  |   |                               |                                   |               |                               |
| US 5772905   | A | 30-06-1998                    | US                                | 6309580 B1    | 30-10-2001                    |
|  |   |                               | US                                | 2003170995 A1 | 11-09-2003                    |
|  |   |                               | US                                | 6518189 B1    | 11-02-2003                    |
|  |   |                               | US                                | 2004137734 A1 | 15-07-2004                    |
| <hr/>  |   |                               |                                   |               |                               |